PH NL
000577WO
AT.
DOSSIER

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(12) **Patentschrift**

(10) **DE 198 53 964 C 1**

(51) Int. Cl.[7]:
A 61 B 6/03
G 03 B 42/02

(21) Aktenzeichen: 198 53 964.9-35
(22) Anmeldetag: 23. 11. 1998
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 18. 5. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

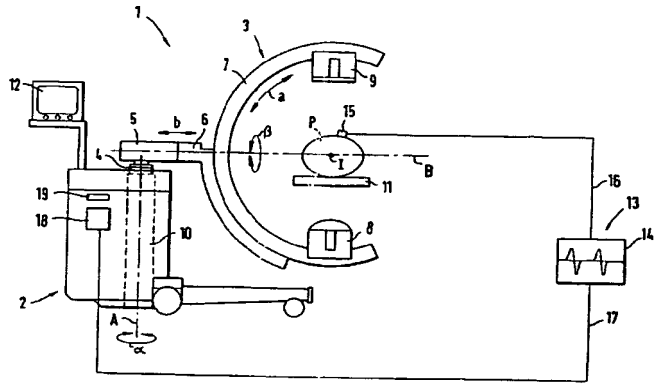
(73) Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Pflaum, Michael, Dipl.-Ing., 91341 Röttenbach, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 196 22 075 A1

(54) Verfahren zur Aufnahme von Röntgenbildern eines sich im wesentlichen rythmisch bewegenden Gefäßes oder Organs sowie Röntgenanlage zur Durchführung des Verfahrens

(57) Verfahren zur Aufnahme von Röntgenbildern im Rahmen einer Gefäß- oder Organuntersuchung eines sich im wesentlichen rhythmisch bewegenden Gefäßes oder Organs, insbesondere einem Koronargefäß, wobei
- während der längs einer Kreisbahn erfolgenden langsamen Bewegung eines Röntgenbildaufnahmesystems einer Röntgenanlage mehrere digitale Röntgenbilder aufgenommen werden,
- die Bildaufnahme von der während der Systembewegung erfaßten Gefäß- oder Organbewegung oder einer für die Gefäßbewegung ursächlichen Organbewegung getriggert wird, und
- nach erfolgter Bildaufnahme ein 3-D-Bild basierend auf den Einzelbildern rekonstruiert wird.



DE 198 53 964 C 1

DE 198 53 964 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Aufnahme von Röntgenbildern im Rahmen einer Gefäß- oder Organuntersuchung eines sich im wesentlichen rhythmisch bewegenden Gefäßes oder Organs, insbesondere zur Ermittlung von Ablagerungen in einem Gefäß, insbesondere einem Koronargefäß.

Zur Untersuchung derartiger Gefäße oder Organe kommt in der Regel ein invasives Verfahren zum Einsatz. Beispielsweise wird zur Darstellung von Koronarkalk bzw. der durch Koronarkalk erzeugten Stenosen im Rahmen einer angiographischen Untersuchung ein Kontrastmittel in die Koronarien injiziert, wobei gleichzeitig dieser Körperabschnitt röntgentechnisch untersucht und Röntgenbilder mit hoher Bildfrequenz (typisch 30 Bilder pro Sekunde) aufgenommen werden. Der Kontrastmittelbolus kann in den Gefäßen für ca. 4 bis 5 Sekunden gehalten werden, weshalb mit einer derart hohen Bildfrequenz gearbeitet wird, um eine hinreichende Bildanzahl zu erhalten. Wenngleich diese Methode sehr sensibel und spezifisch ist, liegt ihr Nachteil jedoch in der Invasivität, also der Injektion eines Kontrastmittels. Diese Methode ist nicht für eine schnelle und einfache Routineuntersuchung (Screening) geeignet, die eine Person, die hierfür anfällig ist beispielsweise einmal jährlich durchführen läßt.

Ferner ist die Verwendung eines Computertomographen zur Koronarkalkdarstellung bekannt, jedoch handelt es sich bei einem Computertomographen um eine höchst komplexe und teuere Anlage, die in der Regel innerhalb einer kardiologischen Abteilung eines Krankenhauses od. dgl. nicht vorhanden ist bzw. sich im Hinblick auf die dort erfolgenden Untersuchungen nur sehr schwer integrieren läßt. Der Einsatz eines Computertomographen zur radiologen Untersuchung verschiedener Herzphasen ist beispielsweise in DE 196 22 075 A1 beschrieben.

Der Erfindung liegt damit das Problem zugrunde, ein Verfahren anzugeben, welches eine einfache Gefäß- oder Organuntersuchung ermöglicht.

Zur Lösung dieses Problems ist bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß vorgesehen, daß

- während der längs einer Kreisbahn erfolgenden langsamen Bewegung eines Röntgenbildaufnahmesystems einer Röntgenanlage mit einer Winkelgeschwindigkeit kleiner als 2° pro Sekunde mehrere digitale Röntgenbilder aufgenommen werden,
- daß die Bildaufnahme von der während der Systembewegung erfaßten Gefäß- oder Organbewegung oder einer für die Gefäßbewegung ursächlichen Organbewegung getriggert wird, und
- daß nach erfolgter Bildaufnahme ein 3D-Bild basierend auf den Einzelbildern rekonstruiert wird.

Das Verfahren, bei dem als Röntgenanlage vorteilhaft eine Rotationsangiographieanlage mit angiographischem C-Bogen, an dem das Röntgenbildaufnahmesystem angeordnet ist, verwendet wird, welche in der Regel in kardiologischen Abteilungen ohnehin vorhanden ist, läßt eine einfache Untersuchung zu. Im Gegensatz zur bisherigen Betriebsweise einer Rotationsangiographieanlage im Rahmen der eingangs beschriebenen invasiven Untersuchung, bei der das Röntgensystem möglichst schnell (mit einer Winkelgeschwindigkeit > 45° pro Sekunde) um einen Winkel vom ca. 200° rotiert, bewegt sich hier das Röntgenbildaufnahmesystem möglichst langsam, damit viel Zeit für die Bildaufnahme verbleibt, zumal man beim erfindungsgemäßen Verfahren nicht von der Zeit, innerhalb welcher sich ein Kontrastmittel im Gefäß halten läßt, abhängig ist. Um nun sicherzustellen, daß die aufgenommenen Einzelbilder auch jeweils zu einem Zeitpunkt aufgenommen werden, in dem das sich rhythmisch bewegende Gefäß oder Organ in der selben Lage ist wie beim vorherigen Bild, wird erfindungsgemäß die Gefäß- oder Organbewegung erfaßt, wobei diese Organbewegung zum Triggern der Bildaufnahme verwendet wird. Zur Triggerung kann beispielsweise die Herzfrequenz erfaßt werden, da das Herz, das das Blut durch die umliegenden Gefäße pumpt, ursächlich für die rhythmische Gefäßbewegung ist. Nach erfolgter Bildaufnahme wird erfindungsgemäß ein dreidimensionales Bild rekonstruiert, auf welchem etwaige Kalkablagerungen im Gefäß erkennbar sind. Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt also vorteilhaft das in der Kardiologie bekannte und verwendete Röntgen- und Bildaufnahmesystem, um mit einer nicht invasiven Untersuchung sich rhythmisch bewegende Gefäße oder Organe untersuchen und dreidimensional darstellen zu können.

Die Bewegungen des Röntgenbildaufnahmesystems werden erfindungsgemäß von einer Winkelgeschwindigkeit < 2° pro Sekunde, vorzugsweise mit 0,5° pro Sekunde erfolgen, wobei die Bewegungsgeschwindigkeit des Röntgenbildaufnahmesystems in Abhängigkeit der Bewegungsfrequenz der erfaßten Gefäß- oder Organbewegung gewählt wird, d. h., je höher die Herzfrequenz ist, desto größer kann mitunter die Winkelgeschwindigkeit gewählt werden, mit welcher das Bildaufnahmesystem sich bewegt. Dabei sollte die Bewegungsgeschwindigkeit derart gewählt werden, daß wenigstens 300 Bilder, insbesondere wenigstens 400 Bilder während eines Bewegungszyklus des Röntgenbildaufnahmesystems erfaßt werden, um eine hinreichende Anzahl an quasi "stroboskopischen" Standbilddarstellungen des Herzens, die aufgrund der Bewegungstriggerung erhalten werden, zur 3D-Rekonstruktion zu erhalten. Das Röntgenbildaufnahmesystem selbst kann erfindungsgemäß um einen Winkel von wenigstens 150°, insbesondere von wenigstens 200° rotieren.

Neben dem Verfahren betrifft die Erfindung ferner eine Röntgenanlage zur Aufnahme von Röntgenbildern im Rahmen einer Gefäß- oder Organuntersuchung eines sich im wesentlichen rhythmisch bewegenden Gefäßes oder Organ, insbesondere zur Ermittlung von Ablagerungen in einem Gefäß, insbesondere einem Koronargefäß. Diese Röntgenanlage umfaßt erfindungsgemäß:

- ein Röntgenbildaufnahmesystem, welches eine Röntgenstrahlungsquelle und eine Röntgenstrahlungsempfangseinrichtung zur Aufnahme digitaler 2D-Projektionsbilder aus unterschiedlichen Projektionswinkeln eines zu untersuchenden Objekts aufweist und hierzu längs einer Kreisbahn mit einer Winkelgeschwindigkeit von weniger als 2° pro Sekunde verfahrbar ist,
- eine Bildverarbeitungseinrichtung zur Rekonstruktion eines 3D-Bildes basierend auf den 2D-Projektionsbildern,
- eine den Bildaufnahmebetrieb steuernde Steuerungseinrichtung, sowie
- Mittel zum Erfassen einer Gefäß- oder Organbewegung oder einer für die Gefäßbewegung ursächlichen Organbewegung, die zur Erzeugung und Ausgabe bewegungsabhängiger Signale ausgebildet sind,

wobei die Mittel mit der Steuerungseinrichtung, die vorzugsweise auch die Bewegung des Röntgenbildaufnahmesystems steuert, in Kommunikationsverbindung stehen und bewegungsabhängige Triggersignale liefern, in Abhängigkeit derer der Bildaufnahmebetrieb steuerbar ist. Diese Mit-

BNSDOCID: <DE__19853964C1_I_>

tel können erfindungsgemäß eine EKG-Vorrichtung umfassen, wobei zur Erzeugung der Triggersignale die Herzfrequenz erfaßt wird. D. h., es wird also die Herzbewegung erfaßt, die im Rahmen der Untersuchung der Koronarien als für die Koronargefäßbewegung ursächliche Organbewegung relevant ist. Daneben ist es natürlich auch möglich, das Herz bwz. den Herzmuskel selbst und die Ventrikel bzw. die Ventrikelfunktion zu untersuchen, wobei auch in diesem Fall zweckmäßigerweise die Herzfrequenz erfaßt wird. Sofern hinsichtlich der Rekonstruktionsbilderzeugung die Weichteilauflösung hinreichend ist, können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. der erfindungsgemäß Vorrichtung auch nicht invasive Untersuchungen des Herzens selbst vorgenommen werden.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Röntgenanlage sind den abhängigen Unteransprüchen zu entnehmen.

Schließlich betrifft die Erfindung ferner eine Verwendung einer Röntgenanlage der beschriebenen Art zur nicht invasiven Untersuchung sich bewegender herznaher Gefäße, insbesondere der Herzkranzgefäße sowie des Herzens und der Herzkammern selbst.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus dem im folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiel sowie anhand der Zeichnung, die eine Prinzipskizze einer erfindungsgemäß Röntgenanlage zeigt.

Die Figur zeigt eine erfindungsgemäß Röntgenanlage **1** in Form einer Rotationsangiographieanlage **2** mit einem C-Bogen-System **3**. An einer Säule **4**, die um eine Längsachse A drehbar ist (Doppelpfeil α) ist ein Halteteil **5** angeordnet, an dem wiederum ein Lagerteil **6** zur Lagerung eines ein Isozentrum I aufweisenden C-Bogens **7** angeordnet ist. Der C-Bogen **7** weist ein Röntgenbildaufnahmesystem auf bestehend aus einer Röntgenstrahlungsquelle **8** und einer Röntgenstrahlungsempfangseinrichtung **9**, die im Bereich der Bogenenden vorgesehen sind. Bei der Röntgenstrahlungsempfangseinrichtung **9** kann es sich beispielsweise um ein Bildverstärker-Kamera-System oder aber einen Festkörperdetektor handeln. Die Röntgenstrahlungsquelle **8** und die Röntgenstrahlungsempfangseinrichtung **9** sind derart relativ zueinander angeordnet, daß ein von der Röntgenstrahlungsquelle **8** ausgehender Zentralstrahl eines Röntgenstrahlenbündels annähernd mittig auf die Röntgenstrahlungsempfangseinrichtung **9** auftrifft. Der C-Bogen **7** ist in an sich bekannter Weise in Richtung des Doppelpfeils a längs seines Umfangs in nicht näher dargestellter Weise motorisch verstellbar an dem Lagerteil **6** gelagert. Das Lagerteil **6** wiederum ist in ebenfalls bekannter Weise um eine gemeinsame Achse B des Halteteils **5** und des Lagerteils **6** drehbar (vgl. Doppelpfeil β, Angulation) und in Richtung der Achse B verschiebbar (vgl. Doppelpfeil b) an dem Halteteil **6** gelagert. Mit Hilfe einer Hubeinrichtung **10**, die an der Säule **4** angreift, ist der C-Bogen **7** vertikal verstellbar.

Die Röntgenanlage **1** ist zur Erzeugung von 3D-Bildern eines Körperbereichs eines in der Figur nur schematisch dargestellten, auf einer Lagerungsvorrichtung **11** liegenden Patienten P vorgesehen. Die 3D-Bilder werden aus 2D-Projektionen des Körperbereichs aus unterschiedlichen Projektionswinkeln, welche mit Hilfe des die Röntgenstrahlungsquelle **8** und die Röntgenstrahlungsempfangseinrichtung **9** aufweisenden Systems gewonnen werden, rekonstruiert und sind mittels eines Monitors **12** darstellbar. Zur Aufnahme der 2D-Projektionsbilder aus unterschiedlichen Projektionswinkeln wird der C-Bogen **7** und damit das Röntgenbildaufnahmesystem längs des Doppelpfeils a um einen Winkelbereich von ca. 200° um den zu untersuchenden Körperbereich des Patienten P motorisch verstellt, wobei während der Verstellbewegung die Projektionsbilder aufgenommen werden. Die Verstellbewegung erfolgt hier sehr langsam, beispielsweise mit einer Winkelgeschwindigkeit von ca. 0,5° pro Sekunde. Während dieser beachtlich langen Bewegungszeit, die bei einer Verstellung um 200° insgesamt 400 Sekunden beträgt, werden die Projektionsbilder aufgenommen.

Da mit der erfindungsgemäßen Anlage sich rhythmisch bewegende Gefäße oder Organe wie beispielsweise die Herzkranzgefäße, die sich aufgrund des rhythmisch gepumpten Blutes bewegen, untersucht werden sollen, ist es erforderlich, zu exakten 3D-Rekonstruktion Projektionsbilder zu erhalten, die das Gefäß in jeweils der gleichen Stellung zeigen. Zu diesem Zweck sind Mittel **13** vorgesehen, mittels welcher die Gefäßbewegung oder die Bewegung eines Organs, welches für die Bewegung des zu untersuchenden Gefäßes ursächlich ist, erfaßt werden kann. Im gezeigten Beispiel wird eine EKG-Vorrichtung **14** verwendet, umfassend eine oder mehrere Körpersonden **15**, die außenliegend im Bereich des Herzens am Patienten P befestigt werden und über eine entsprechende Signalleitung **16** bewegungsabhängige Signale anliefern, wie in der Figur gezeigt. Basierend auf der hierdurch erfaßten Bewegung werden seitens der Vorrichtung **14** Triggersignale generiert, die über eine weitere Datenleitung **17** an eine in der Figur lediglich schematisch dargestellte Steuerungseinheit **18** gegeben werden. Diese Steuerungseinheit **18** steuert im gezeigten Ausführungsbeispiel zum einen die Bewegung des C-Bogens, zum anderen aber auch den Bildaufnahmebetrieb. In Abhängigkeit der gelieferten Triggersignale wird nun die Bildaufnahme vorgenommen, d. h., es wird hierdurch sichergestellt, daß das Bild stets im gleichen Moment hinsichtlich der Gefäßbewegung aufgenommen wird. Als Triggersignal können z. B. die einzelnen Peaks oder die Nulldurchgänge der exemplarisch gezeigten Herzrhythmuskurve dienen. Geht man, wie oben beschrieben, von einer Bewegungszeit des Röntgenbildaufnahmesystems von 400 Sekunden aus, so erhält man bei einer durchschnittlichen Herzfrequenz von 60 Schlägen pro Minute rund 400 2D-Projektionsbilder, wobei die Anzahl natürlich in Abhängigkeit der Herzfrequenz des Patienten auch etwas höher oder niedriger sein kann. Auf jeden Fall werden hinreichend viele Bilder erhalten, um eine gute 3D-Rekonstruktionsdarstellung mit geringen Kontrastunterschieden und ausreichender Auflösung zu erstellen. Auf diese Weise können die sich sehr schnell bewegenden Koronargefäße innerhalb einer 3D-Darstellung anatomisch korrekt rekonstruiert werden. Zur Rekonstruktion ist eine Bildverarbeitungseinrichtung **19** vorgesehen, an welche die mittels der Röntgenstrahlungsempfangseinrichtung **9** gelieferten Bildsignale gegeben werden, und welche diese nach Beendigung der Bildaufnahmeprozedur zum 3D-Bild, welches dann am Monitor **12** ausgegeben wird, verarbeitet.

Die Steuerungseinrichtung ist ferner zur Steuerung der Bewegungsgeschwindigkeit des Röntgenaufnahmesystems in Abhängigkeit der Herzfrequenz, also der erfaßten Organbewegung ausgebildet, so daß hierdurch sichergestellt ist, daß durch Anpassung der Geschwindigkeit stets eine zur Rekonstruktion erforderliche Mindestanzahl an 2D-Projektionsbildern erhalten werden. Ist z. B. die Herzfrequenz hoch, kann auch die Winkelgeschwindigkeit erhöht werden, und umgekehrt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufnahme von Röntgenbildern im Rahmen einer Gefäß- oder Organuntersuchung eines sich im wesentlichen rhythmisch bewegenden Gefäßes oder Organs, insbesondere zur Ermittlung von Ablagerungen in einem Gefäß, insbesondere einem Koronargefäß, **dadurch gekennzeichnet**, daß

 – während der längs einer Kreisbahn erfolgenden

BNSDOCID: <DE__19853964C1_I_>

langsamen Bewegung eines Röntgenbildaufnahmesystems einer Röntgenanlage mit einer Winkelgeschwindigkeit kleiner als 2° pro Sekunde mehrere digitale Röntgenbilder aufgenommen werden,
- daß die Bildaufnahme von der während der Systembewegung erfaßten Gefäß- oder Organbewegung oder einer für die Gefäßbewegung ursächlichen Organbewegung getriggert wird, und
- daß nach erfolgter Bildaufnahme ein 3D-Bild basierend auf den Einzelbildern rekonstruiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegung des Röntgenbildaufnahmesystems mit einer Winkelgeschwindigkeit von 0,5° pro Sekunde erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegungsgeschwindigkeit des Röntgenbildaufnahmesystems in Abhängigkeit der Bewegungsfrequenz der Gefäß- oder Organbewegung gewählt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegungsgeschwindigkeit derart gewählt wird, daß wenigstens 300 Bilder, insbesondere wenigstens 400 Bilder während eines Bewegungszyklus des Röntgenaufnahmesystems erfaßt werden.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Röntgenbildaufnahmesystem um einen Winkel von wenigstens 150°, insbesondere von 200° rotiert.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Triggerung die Herzfrequenz erfaßt wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Röntgenanlage eine Rotationsangiographieanlage mit angiographischem C-Bogen, an dem das Röntgenbildaufnahmesystem angeordnet ist, verwendet wird.

8. Röntgenanlage zur Aufnahme von Röntgenbildern im Rahmen einer Gefäß- oder Organuntersuchung eines sich im wesentlichen rhythmisch bewegenden Gefäßes oder Organs, insbesondere zur Ermittlung von Ablagerungen in einem Gefäß, insbesondere einem Koronargefäß, geeignet zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 7, umfassend
- ein Röntgenbildaufnahmesystem, welches eine Röntgenstrahlungsquelle (**8**) und eine Röntgenstrahlungsempfangseinrichtung (**9**) zur Aufnahme von 2D-Projektionsbildern aus unterschiedlichen Projektionswinkel eines zu untersuchenden Objekts (P) aufweist und hierzu längs einer Kreisbahn (a) mit einer Winkelgeschwindigkeit von weniger als 2° pro Sekunde verfahrbar ist,
- eine Bildverarbeitungseinrichtung (**19**) zur Rekonstruktion eines 3D-Bildes basierend auf den 2D-Projektionsbildern,
- eine den Bildaufnahmebetrieb steuernden Steuerungseinrichtung (**18**), sowie
- Mittel (**13**) zum Erfassen einer Gefäß- oder Organbewegung oder einer für die Gefäßbewegung ursächlichen Organbewegung, die zur Erzeugung und Ausgabe bewegungsabhängiger Signale ausgebildet sind,

wobei die Mittel (**13**) mit der Steuerungseinrichtung (**18**) in Kommunikationsverbindung stehen und bewegungsabhängige Triggersignale liefern, in Abhängigkeit derer der Bildaufnahmebetrieb steuerbar ist.

9. Röntgenanlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Röntgenbildaufnahmesystem mit einer Winkelgeschwindigkeit von 0,5° pro Sekunde bewegbar ist.

10. Röntgenanlage nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungseinrichtung (**18**) die Bewegung des Röntgenbildaufnahmesystems steuert und zur Einstellung der Bewegungsgeschwindigkeit des Röntgenbildaufnahmesystems in Abhängigkeit der Bewegungsfrequenz der Gefäß- oder Organbewegung ausgebildet ist.

11. Röntgenanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegungsgeschwindigkeit derart einstellbar ist, daß während eines Bewegungszyklus des Röntgenaufnahmesystems wenigstens 300 Bilder, insbesondere wenigstens 400 Bilder aufnehmbar sind.

12. Röntgenanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Röntgenbildaufnahmesystem während eines Aufnahmezyklus um einen Winkel von wenigstens 150°, insbesondere von 200° drehbar ist.

13. Röntgenanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel (**13**) eine EKG-Vorrichtung (**14**) umfassen, wobei zur Erzeugung der Triggersignale die Herzfrequenz erfaßt wird.

14. Röntgenanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß es eine Rotationsangiographieanlage (**2**) mit angiographischem, das Röntgenbildaufnahmesystem aufweisenden C-Bogen (**7**) ist.

15. Verwendung einer Röntgenanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 14 zur nichtinvasiven Untersuchung sich bewegender herznaher Gefäße, insbesondere der Herzkranzgefäße, sowie des Herzes und der Herzkammern.

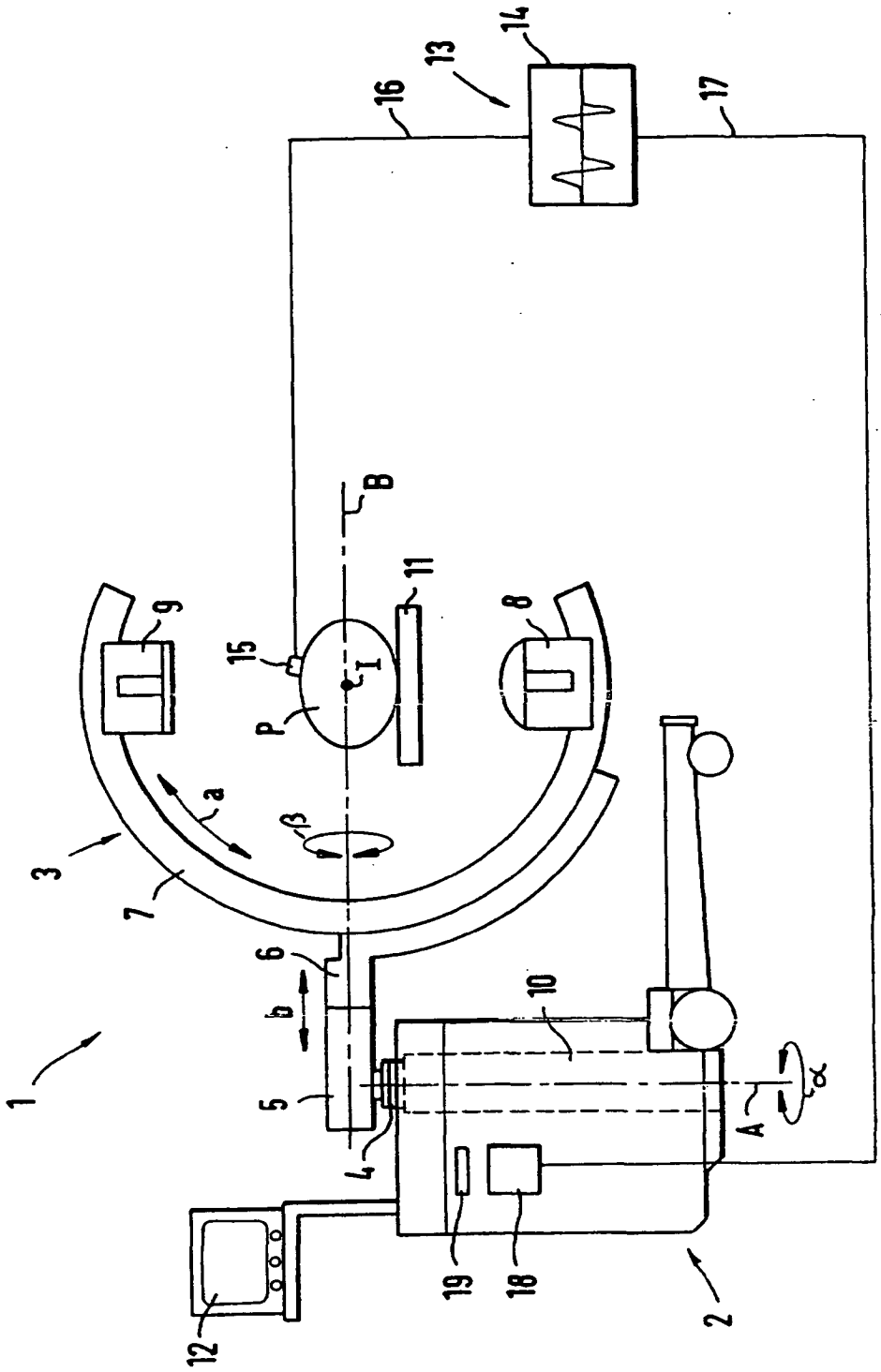
Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

BNSDOCID: <DE__19853964C1_!_>

- Leerseite -

BNSDOCID: <DE__19853964C1_I_>

Nummer: DE 198 53 964 C1
Int. Cl.[7]: A 61 B 6/03
Veröffentlichungstag: 18. Mai 2000



BNSDOCID: <DE__19853964C1_I_>